

СПОСОБ ПРИБЛИЖЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Введение. Основным видом транспорта железорудных предприятий при добыче полезных ископаемых подземным способом является электровозный [1]. В шахтах и рудниках Украины функционирует более 3,5 тысяч электровозов 20-ти типов. Все эксплуатируемые электровозы оборудованы неэффективными контактно-резисторными тяговыми электромеханическими системами (ТЭМС) на базе двигателей постоянного тока. В последние годы созданы первые отечественные образцы энергоэффективных ТЭМС для шахтных электровозов: IGBT-преобразователи – тяговые асинхронные электрические двигатели [2 – 4].

Получены положительные результаты испытаний. Вместе с тем, для весьма ожидаемого массового внедрения таких образцов необходимо их завершение – создание в структуре ТЭМС подсистем (систем) идентификации или контроля состояния их электрических параметров. В том числе оценке параметров тяговых асинхронных двигателей (ТАД).

Актуальность. Спецификой шахтных электровозов является факт крайней стесненности габаритных размеров, что весьма ограничивает возможности увеличения объемов навесного оборудования, каковым является подсистема контроля (идентификации) электрических параметров ТЭМС [2,3]. Более того, всё те же шахтные условия ставят в число труднорешаемых, или нерешаемых вообще, задачу оценки параметров слагаемых ТЭМС путём проведения широкомасштабного натурного эксперимента. При этом основным методом решения поставленных задач является математическое моделирование с последующей проверкой полученных решений методом натурного эксперимента [4 – 7]. Возможные ошибки в параметрах, первоначально задаваемых в расчетных формулах наблюдателя в виде констант, также как и все вышеуказанные эффекты вызывают появление дополнительных погрешностей в оцениваемых параметрах.

Для тягового привода известные методы не очень хорошо подходят по следующим причинам: они предназначены преимущественно для использования в преобразователях частоты универсального исполнения, подходящих для управления широким классом объектов и допускающих подключение самых разных двигателей, точные параметры которых зачастую неизвестны, а реализация процедуры их стендового определения не доступна; из-за универсализации подхода и отсутствия возможности выполнять стендовую настройку, точность процедуры автоматической настройки параметров и диапазон действия алгоритмов адаптации к изменению параметров в процессе работы весьма ограничены; в тяговых приводах требования к точности исходной настройки на параметры и к диапазону действия алгоритмов адаптации существенно возрастают из-за расширения диапазона изменения самих параметров и предъявления более жестких требований к энергетическим характеристикам привода.

В связи с изложенным, разработка структур и систем идентификации состояния и диагностики электрических параметров ТАД с короткозамкнутым ротором является актуальной научной задачей.

Материалы исследований. Применительно к тяговому приводу для идентификации электрических параметров ТАД предлагается следующий способ, основанный на отработке вычислительного алгоритма (рис. 1).

Перед началом движения электровоза или во время загрузки вагонеток электровоза преобразователь частоты ТЭМС переводится в режим регулируемого постоянного напряжения, которое подается на две фазы асинхронного двигателя. Напряжение подается поочередно на каждую пару фаз двигателя ab , bc , ca . Измеренные и преобразованные в цифровые значения токи и напряжения формируют массив о переходном процессе в стопорном режиме двигателя. Этот массив хранится или передается в систему идентификации параметров. При пуске на двигатель подается напряжение заданной частоты и амплитуды. Данные о токах напряжении и частоте вращения формируют массив данных о переходном процессе в электромагнитной системе двигателя при разгоне двигателя до заданной скорости вращения.

Полученные массивы данных передаются в ПЭВМ, в которой программным путем производится идентификация параметров и диагностика состояния асинхронного двигателя.

По установившимся значениям о токе и напряжении статора в стопорном режиме рассчитывают активное сопротивление статора. Каталожные, расчетные или данные параметров асинхронного двигателя после испытаний вводятся как параметры математической модели асинхронного двигателя. Массив рассчитанных на модели данных сравнивается с данными, полученными при стопорном и пусковом режимах.

Параметры будем вычислять по аналитическим выражениям, полученным из статических соотношений между переменными и параметрами асинхронной машины. При этом в качестве переменных будем использовать только измеряемые в приводе переменные: ток, напряжение, скорость, а в качестве параметров – по возможности параметры, которые либо мало изменяются в процессе работы (близки к константам), либо изменения которых довольно слабо влияют на процессы в системе.

К этим параметрам можно отнести эквивалентные индуктивности рассеяния статора и ротора, которые мало изменяются при эксплуатации и зависят от геометрических параметров.

Конструктивный коэффициент $K_{sr}=R_r/R_s$, для обмоток статора и ротора, выполненных из одного материала, при отсутствии механических повреждений и пробоя изоляции, будет постоянным и равный рассчитанному значению по проектным данным. Возможность использования постоянного коэффициента K_{sr} определяется по сравнению измеренных и рассчитанных токов в стопорном режиме. При большом расхождении значений делается вывод об аварийном состоянии двигателя и идентификация не производится.

По сопротивлению статора R_s по значениям тока статора и напряжения статора, и известном конструктивном коэффициенте K_{sr} определяется активное приведенное сопротивление ротора R_r .

На следующих этапах идентификации электрических параметров определяется конструктивный коэффициент отношения индуктивности фазы статора к индуктивности контура намагничивания K_l и вместе с ним взаимная индуктивность L_μ , индуктивность обмотки статора $L_1=L_\mu+L_{\delta s}$, индуктивность обмотки ротора $L_2=L_\mu+L_{\delta r}$, приведенный к валу двигателя момент инерции J и момент нагрузки M_c .

Таким образом, необходимо найти значение одной переменной, которая приведет к равенству рассчитанных и реальных значений координат тягового асинхронного двигателя в переходных процессах.

Вывод. Предлагаемый подход упрощает процедуру исследований в направлении идентификации электрических параметров тяговых асинхронных двигателей в составе ТЭМС, что весьма важно для шахтных электровозов с их специфическими условиями эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Синчук И.О., Чернышев А.А., Киба И.И., Пасько О.В., Ключка О.Е., Мельник О.Е. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии в структурах электроприводов. Схемотехника и принципы управления. Учебное пособие – Кременчук: Вид. ПП Щербатих О.В., 2008. – 88 с.
2. Жеребкин Б.В. Система векторного управления электроприводом рудничных электровозов с использованием аппарата нечеткой логики. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени к. т. н. Санкт-Петербург. – 2005. – 19с.
- 3 Пасько О.В. Тяговый электропривод переменного тока с плавно изменяемой структурой для рудничного аккумуляторного электровоза. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени к. т. н. Харьков. - 2005. - 19с.
4. Shultz L., Van Wyk D., Dunford W.S., Pzest R.B., Landy C.F. An inverter and induction motor traction drive underground mining's Locomotives.// Elec. Bahnen. – 1990. – №3. – Р. 145 – 148.
5. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009 – 2010 гг. Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004 – 2011 гг. / Е.К. Бабец, Л.А. Штанько, В.А. Салганик и др. – Кривой Рог: Видавничий дім, 2011 – 329 с.
6. Синчук О.Н. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, Н.Н. Юрченко, А.А. Чернышов, О.А. Удовенко, О.В. Пасько, Э.С. Гузов. Научное издание. – Київ: ІЕДНАУ, 2006. – 252с.
7. Синчук О.Н., Чумак В.В., Ершов О.В. Импульсные системы управления и защита на рудничном электровозном транспорте. Монография – АДЕФ – Украина, 1998. – 280 с.



Рис. 1 Последовательность операций при идентификации и диагностике параметров тяговых асинхронных электрических двигателей шахтных электровозов